

利用生态技术治理官厅水库 水体污染的探索

□杜卫平

(北京市官厅水库管理处)

摘 要 北京市官厅水库管理处以恢复官厅水库饮用水源功能为目标,针对水库水体污染状况,重点围绕永定河入库口、库区水域和周边库滨带,采用国际先进的水体修复新理念、新技术,积极探索利用生态、生物技术综合治理水体污染,并已取得初步成效。

关键词 官厅水库 生态 湿地 控藻

官厅水库是向北京城市工业、生活、环境供水的重要水源地。从 1953 年建成以来,累计向首都供水 400 多亿 m^3 ,拦蓄 $1000\text{m}^3/\text{s}$ 以上的洪峰 8 次,在保障首都防洪供水安全方面发挥了重要作用。

官厅水库流域面积 4.34万 km^2 ,范围包括内蒙古、山西、河北及北京。随着上游地区的开发建设,流域水生态与环境不断恶化。到 1997 年,官厅水库被迫退出饮用水供水系统。北京城市供水水源紧缺形势更加严峻。2001 年国务院批复的《21 世纪初期首都水资源可持续利用规划》,提出了“稳定密云,改善官厅,恢复官厅水库饮用水源功能”的治理目标。

一、官厅水库水质污染状况及来源分析

官厅水库水体污染加剧的主要原因是:上游地区污水排放量增加,水质恶化;上游用水量增大,来水逐年减少(见表 1),各主要污染物浓度远远超出国家地表水 V 类标准;库岸坍塌严重,造成库区淤积和污染。

根据水库水质监测分析,官厅水库库区水体为地表水劣 V 类,主要污染物为氨氮、COD 和总磷。水库污染来源主要分三类:

1.点源污染

水库上游张家口、宣化、下花园、怀来、延庆等城市工业、生活污水,未经处理直接排入河道。年均污水入库总量为 9328万 m^3 。点源污染负荷约占 $65\%\sim 70\%$ 。

2.面源污染

水库上游流域内有内蒙古、山西、河北、北京等省、自治区、直辖市的 27 个县市,总人口约 685 万人,77% 为农业人口,耕地面积约 123万 hm^2 。上游农民生产生活,施放农药、化肥造成的面源污染负荷约占 $20\%\sim 30\%$ 。

3.内源污染

官厅水库淤积的底泥表层主要是总磷、总氮,内源污染负荷占 $5\%\sim 10\%$ 。

二、利用多种生态技术,综合治理水体污染

根据水库污染状况和来源分析,要修复官厅水体,关键是解决永定河来水污染。在《21 世纪初期首都水资源可持续利用规划》中,确定由国家支持在上游张家口、宣化、下花园、怀来、延庆等地建 5 座污水处理厂,用于解决污水直接入河问题。但是,建污水处理厂需要投入,污水处理厂的运行管理则需要更多的长期投入。在上游经济实力较弱的情况下,即使完成了污水处理厂的建设工作,运行管理费用也难以解决。因此,单纯依靠上游建工程在短期内难以解决上游污染水体入库问题,要达到《规划》目标,确保 2008 年奥运会用水安全,必须寻找新的突破口。

为此,官厅水库综合治理的重点主要围绕永定河入库口、库区水域和周边

表 1 不同年代水库年均来水量 单位:亿 m^3

年代	50	60	70	80	90	2000~2004
平均来水量	19.86	12.77	8.15	4.67	4.07	1.56

收稿日期:2005-08-05
作者简介:杜卫平(1949~),男,北京市官厅水库管理处总工程师,高级工程师。

库滨带,积极探索利用生态、生物技术治理水体污染,目前已取得初步成效。

1.永定河入库口湿地水质净化系统

官厅水库管理处、北京市水科所与德国柏林勃兰登堡水务集团合作,引进国际先进的水体修复新理念、新技术,在官厅水库永定河入库口黑土洼沟建设人工湿地,利用工程措施与生物、生态相结合的新技术,控制入库污染,改善入库水质。

(1)工程设施

湿地系统主要包括永定河引水工程、稳定塘工程、泵站及湿地引水工程、人工湿地工程4部分。其中永定河引水工程由溢流坝和引水暗涵组成。稳定塘由黑土洼溢流坝、库滨挺水植物种植、柔性隔墙工程构成,稳定塘面积84hm²,库容264万m³。柔性隔墙为防水布制作,隔墙将稳定塘分为前置库和分层水体两部分,前置库主要起沉淀作用。泵站及湿地引水渠包括长446m、直径1.3m的引水暗管,占地面积2400m²的泵站,泵站安装5台机组,设计引水流量1.0m³/s。人工湿地占地7.33hm²,分4个区,采用两种不同的湿地结构模式。

(2)处理过程

将水库上游严重污染的劣V类来水引入黑土洼稳定塘,稳定塘系统充分利用天然水面、砂石渗滤坝、溢流坝、软坝等人工强化措施,并通过自然曝气、浮水、沉水、挺水等不同种类植物净化,达到沉沙和初步净化永定河高浓度来水的目的。系统年处理能力0.9亿m³。按照近5年永定河年来水平均值(2000~2004年)1.56亿m³计算,处理率可达到58%。

经初步净化后,一部分水直接进入库,另一部分水再经人工湿地进行深度处理。

人工湿地示范工程由中德双方各建一个试验区。中方共设6个实验单元,各单元的工艺流程基本相同,均为水流由调节池进入分水暗管,然后依次流入挺水植物塘、一级植物碎

石床、水生生物塘、二级植物碎石床、砂滤池,最后排入退水管。由稳定塘进入湿地的水历经植物、生物净化和砂石过滤等深度处理后,水质得到进一步改善。年深度处理水量为1500万m³。

(3)水质净化效果评价

为了评价黑土洼稳定塘系统对来水的净化效果,选定八号桥、前置库最深点(表、底)、分层水体最深点(表、底)、溢流坝出口为水质控制断面进行水质测试,结果表明,黑土洼稳定塘系统对来水中COD_{Mn}的平均削减率为64%,BOD₅的平均削减率为74%,总氮、总磷的平均削减率分别为34.1%和80.9%。

为了探索人工湿地最佳运行条件,根据设计水力负荷,在中方试验区选择不同单元分别试验了大流量(0.030m³/s)、中流量(0.014m³/s)、小流量(0.006m³/s)3种不同进水流量条件下,湿地系统对来水中污染物的去除效果都很显著。但含氮类污染物仍是出水水质中的主要控制因子,有待于进一步提高去除效率。

2.库区水体富营养化综合防治

官厅水库存在的水质问题主要是有机污染和富营养化。2000年以后,怀来县水产部门由于经济原因,已不再向官厅水库投放鱼苗,但是渔民捕鱼并没有停止,水库渔业资源急剧减少,水中浮游生物和藻类不能被正常消耗,影响了水生态平衡。

据水库坝前浮游植物监测结果,2001年8月,细胞密度为1271.94×10⁴/L,其中蓝绿藻门占83%;2003年8月,细胞密度为1505.56×10⁴/L,蓝绿藻门细胞个数占总数的比例高达95.2%。库区水体由中营养向富营养转化。2003年10月水库坝前永1008断面暴发大面积水华,水华发生时,由于藻类的大量繁殖和腐烂,水生生态条件严重恶化。

目前,清除水库藻类的技术有药物法、生物法、物理法等多种方法。药

物法虽有一定效果,但药剂中不同程度的有害物质对库区水体及水生生物会造成危害。物理法只适宜蓝藻富集区,且造价较高,不宜大面积使用。经比较,采用以“养鱼控藻”生态措施为主、重点区域安装水体净化设备的方式,综合治理水体富营养化。

(1)养鱼控藻

富营养化是水体氮、磷等营养盐超标导致藻类疯长,食藻鱼除藻法是一个很重要的生物治理手段。以浮游生物为食的鲢鱼、鳙鱼有效放养密度达到46~50g/m³时,能有效遏制水华。

为平衡库区水体生态,遏制富营养化趋势,官厅水库与延庆县水产中心合作,在奶水西湖开展封库养鱼的试点工作,共投入滤食性鱼苗40万尾,取得明显效果,水体透明度增加,水质改善,藻类、浮游植物数量减少。2004年秋季渔民捕捞商品鱼45万kg,获得水域生态与环境、经济和社会效益双赢的效果。

在此基础上,水库管理处在怀来、延庆两县政府的支持下,与怀来县畜牧水产局、延庆县水产服务中心合作,实施了封库禁渔。

(2)引进先进水体净化设施

为控制坝前水华暴发,有效提高水库出水水质,与北京市水科所合作,引进了3台美国泵系统公司(Pump Systems Inc)新开发的SolarBee太阳能驱动纵向环流水质净化系统,安装在易发生水华的水库坝前深水区,进行效果验证和实际应用研究。

该净化系统充分利用自然能源增加溶解氧含量,促进淤泥降解,增加表层水与深层水体的流动性和交换性,控制水体异味和藻类繁殖。叶绿素-a去除率可达60%,氮、磷去除率在20%~35%,BOD₅的去除率在30%左右。

试验区布置。官厅水库当前水位472.5m,坝前平均水深10.5m,根据水体净化系统技术参数、库区形状和水深,3台净化装置按等边三角形布置。间距为270m,可覆盖坝前600m范围

内库区水体,约合面积 28hm²,处理水体 30 万 m³。

监测点布置。试验区现场共布置 5 个监测点,按距出水口距离由远到近分别为 T-01、T-02、T-03、T-04、T-05。T-01 位于系统影响之外,主要用于净化效果的对比监测;T-02、T-03、T-04 为分层取样检测点,用于监测不同影响半径不同水层水质与藻类变化情况;T-05 位于坝后,用于监测水库出水水质。

监测项目主要包括:水温、DO、水下光照强度、pH 和透明度、浊度、TP、TN、BOD、COD、Chl-a 及浮游藻类的总数和数量。检测频率为每月 2 次。

此项工程已完成设备的安装调试,进入运行阶段,计划 2005 年 12 月完成处理效果评估、经济技术评价,进行项目验收。

3. 库滨带及塌岸的生态治理

(1) 库滨带生态建设

近几年连续干旱,水库蓄水水位逐年下降,在正常蓄水位 479m 以下的消落区,周边农民竞相耕种,施用化肥、农药,造成面源污染。水库管理处与库区周边的怀来、延庆县政府协商,共同实施退耕还林还草,按照有水则清、无水则绿的原

则,开展库滨带生态建设。根据库水位变化情况和植物生长特性,选择了适合本地种植的杨树、柳树、榆树、火炬树等乔木,紫穗槐、胡枝子、红柳等灌木,分区进行库滨带生态建设。高程 479~475m,乔灌结合,以乔为主;高程 475~474m,灌草结合,以灌木为主;474m 以下禁止开垦,依靠植物自然生长,恢复植被,维护库滨带生态多样化。目前已种植乔木约 533hm²,灌木约 200hm²,库区耕地正有序地退耕还林还草,库滨带生态建设初见成效。

(2) 生态护岸示范工程

官厅水库相应 479 正常蓄水位高程库岸线长约 220km,由于蓄水位变化、风浪淘刷和冬季冰层对岸坡的挤压作用,目前已形成长度约 59km 的库岸塌陷,其中严重、中度塌岸段 35km。塌岸使库区周边农民耕地日益减少,库区淤积增加,生态与环境恶化,也对穿越库区的铁路、公路造成威胁。

塌岸治理是综合治理官厅水库的重要规划项目。以混凝土、浆砌石挡土墙等传统的工程治理措施,虽然结构稳定,安全性强,但对库区生态将造成不可逆转的影响。为解决塌岸

治理中的生态问题,中德合作开展了生态护岸示范工程试验研究,将植物当作一种建筑材料,研究植物生长的特性和适宜的生存环境,同土木工程相结合,用生态防护工程解决岸坡稳定问题。

生态防护示范区长 230m,平均宽 65m,分为坡顶缓冲区、坡脚缓冲区、生态护坡区、库岸防冲区 4 个主要功能区,分别采用不同的生态工程技术。主要有生物护坡工程、复合土工织物植被护坡工程、植被混凝土格栅挡墙、滩地防护石笼与防护林等。

三、结论及建议

在官厅水库水体修复方案中,改变过去单纯依靠工程治理的传统观念,按照人与自然和谐相处,共同发展的新理念,采取建人工湿地、养鱼控藻等生态、生物技术解决水体有机污染和富营养化问题,促进了水生态平衡,尊重了水的自然规律。同时,在建设水利工程时注意防止对水环境和自然生态的破坏,生态护岸示范工程较好地解决了工程防护与生态保护的矛盾,对其他河湖水体修复和防护工程建设具有借鉴意义。

责任编辑 王晓平

Exploitations on pollution control of Guanting reservoir by ecological measures

Du Weiping

Abstract: Internationally-advanced technologies and concepts have been applied by the Guanting Reservoir Administration Division in dealing with pollution at the inlet of Yongding River reservoir and its surrounded areas, so as to recover function of drinking water supply. Joint use of ecological and biological technologies for pollution reduction has achieved preliminary effective results.

Key words: Guanting reservoir; ecology; wetland; algae control

(上接第 46 页)要求,另一方面,农业的现代化和农村经济社会的发展也会对农村水利这一重要基础设施提出要求,因此,在现实生活中,农村水利现代化已经从经济发达地区的积极实践扩大到中西部相对发达地区的试点。同时,中央“两个趋向”理论的提出,为全面加强农村基础设施建设,全力解决农村生产、生活和生态用水中

存在的突出矛盾,推进农村水利现代化提供了舞台和动力。但是,农村水利现代化建设的理论体系、目标体系又尚在探索之中,近几年,水利部有关司局和北京、江苏、浙江、上海等地都做了大量的理论探索,但对不同地区、不同经济发展阶段,针对当地农村水利存在的突出问题,评价指标、工作重点又会有较大差别。因此,在积极推

进农村水利现代化的实践中,更重要的是树立和坚持科学发展观,适应经济社会发展对农村水利的要求,把农村水利现代化的理念贯穿于农村水利工作的各个方面、各个环节,在农村水利工作中更加突出人和自然的和谐,并在农村水利现代化的实践中不断创新理念、完善理论。

责任编辑 王晓平